

(11)特許出願公開番号

特開平 9 - 2 5 9 9 1 3

(43) 公開日 平成9年(1997)10月3日

(51) Int. C l. 6
H O I M 8/04
8/02

識別記号 庁内整理番号

F I
H O I M 8/04
8/02

技術表示箇所

P
Y
E

審査請求 未請求 請求項の数7

OL

(全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平8-66115

(22) 出願日 平成8年(1996)3月22日

(71)出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 谷口 忠彦

神奈川県川崎市川崎区浮島町2番1号 株式会社東芝浜川崎工場内

(72) 発明者 酒井 勝則

神奈川県川崎市川崎区浮島町2番1号 株式会社東芝浜川崎工場内

(72) 発明者 矢嶋 亨

神奈川県川崎市川崎区浮島町2番1号 株式会社東芝浜川崎工場内

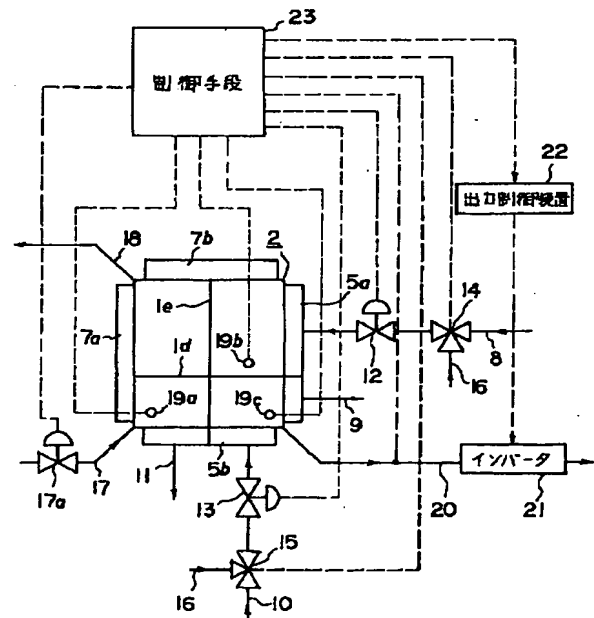
(74)代理人 弁理士 波多野 久 (外1名)

(54) 【発明の名称】 燃料電池発電装置およびその運転方法

(57) 【要約】

【課題】燃料電池積層体の損害を最少限に抑制し、燃料電池積層体の長寿命化を図る。

【解決手段】単電池積層体 2 の少なくとも 1 個の単電池 1 に、その単電池 1 の平面方向の電流分布を検出する直流電流検出手段 19 a、19 b、19 c が少なくとも 1 個配設され、反応ガスの供給流量および負荷電流を制御する制御手段 23 を備え、この制御手段 23 は直流電流検出手段 19 a、19 b、19 c で検出した電流分布と、予め設定した基準電流の許容範囲とを比較し、許容範囲を越えた場合、単電池積層体 2 に供給する反応ガスの供給流量および負荷電流 20 の少なくとも一方を制御する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 一対の電極間に電解質層を挟んで単電池を形成し、この単電池を複数積層し、各単電池間にガス分離板をそれぞれ挿入してサブスタックを形成し、このサブスタックと冷却板とを交互に複数積層して単電池積層体を形成してなる燃料電池発電装置において、前記単電池積層体の少なくとも 1 個の単電池に、その単電池の平面方向の電流分布を検出する直流電流検出手段が少なくとも 1 個配設され、この電流検出手段に反応ガスの供給流量および負荷電流を制御する制御手段が接続され、この制御手段では、前記直流電流検出手段で検出した電流分布と、予め設定した基準電流の許容範囲とを比較し、許容範囲を越えた場合に、前記単電池積層体に供給する反応ガスの供給流量および負荷電流の少なくとも一方を制御するように構成されていることを特徴とする燃料電池発電装置。

【請求項 2】 請求項 1 記載の燃料電池発電装置において、単電池の平面方向の電流分布を検出する直流電流検出手段が少なくとも 1 個配設された電流測定器を有し、この電流測定器がサブスタックと冷却板との間の少なくとも 1 か所に配設されたことを特徴とする燃料電池発電装置。

【請求項 3】 請求項 1 記載の燃料電池発電装置において、制御手段は、電流検出手段で検出した電流分布と、予め設定した基準電流の許容範囲とを比較し、許容範囲を越えた場合に、燃料電池を停止させるように構成されていることを特徴とする燃料電池発電装置。

【請求項 4】 単電池積層体の単電池に反応ガスを供給して負荷電流を発生させる燃料電池発電装置の運転方法において、発電を開始する過渡的な負荷変化過程で、前記単電池の電流を電流検出手段により検出し、この検出した電流が予め設定した基準電流の許容値と比較して、許容値を越えた場合、負荷電流変化速度を低下または負荷変化を一時停止することを特徴とする燃料電池発電装置の運転方法。

【請求項 5】 単電池積層体の単電池に反応ガスを供給して負荷電流を発生させる燃料電池発電装置の運転方法において、発電を開始する過渡的な負荷変化過程で、前記単電池の電流を電流検出手段により検出し、この検出した電流が予め設定した基準電流の許容値と比較して、許容値を越えた場合、負荷電流増加速度を低下または負荷電流増加を一時停止することを特徴とする燃料電池発電装置の運転方法。

【請求項 6】 一対の電極間に電解質層を挟んで単電池を形成し、この単電池を複数積層し、各単電池間にガス分離板をそれぞれ挿入してサブスタックを形成し、このサブスタックと冷却板とを交互に複数積層して単電池積層体を形成してなる燃料電池発電装置において、前記単電池積層体の少なくとも 1 個の単電池に、その単電池の平面方向の電流分布を検出する直流電流検出手段が少な

くとも 1 個配設され、この電流検出手段に反応ガスの供給流量および負荷電流を制御する制御手段が接続され、前記単電池積層体に、並列に 2 つ以上の固定抵抗を配し、且つこれらの固定抵抗にそれぞれ遮断器を接続してなる固定抵抗回路が接続され、前記制御手段では、停止操作において、前記直流電流検出手段で検出した電流分布と、予め設定した基準電流の許容範囲とを比較し、許容範囲を越えた場合に、前記固定抵抗回路の遮断器の少なくとも一つを開放することにより、検出した電流を許容範囲に抑制するように構成されていることを特徴とする燃料電池発電装置。

【請求項 7】 一対の電極間に電解質層を挟んで単電池を形成し、この単電池を複数積層し、各単電池間にガス分離板をそれぞれ挿入してサブスタックを形成し、このサブスタックと冷却板とを交互に複数積層して単電池積層体を形成してなる燃料電池発電装置において、前記単電池積層体の少なくとも 1 個の単電池に、その単電池の平面方向の電流分布を検出する直流電流検出手段が少なくとも 1 個配設され、この電流検出手段に反応ガスの供給流量および負荷電流を制御する制御手段が接続され、前記単電池積層体に可変抵抗回路が接続され、前記制御手段では、停止操作において、前記直流電流検出手段で検出した電流分布と、予め設定した基準電流の許容範囲とを比較し、許容範囲を越えた場合に、前記可変抵抗回路の抵抗を変化させて、検出した電流を許容範囲に抑制するように構成されていることを特徴とする燃料電池発電装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、燃料電池発電装置およびその運転方法に係り、特に燃料電池本体の平面方向の電流密度分布を検出し、燃料電池本体を保護する燃料電池発電装置およびその運転方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来から、燃料の有する化学エネルギーを直接電気エネルギーに変換する装置として、燃料電池が知られている。この燃料電池は、一般に多孔質性材料を使用した一対の電極間に、電解質を保持するマトリックス層（電解質層）を挟み、一方の電極の背面に反応ガスとして燃料ガスを接触させるとともに、他方の電極の背面に反応ガスとして酸化剤ガスを接触させることにより、このときに生じる電気化学反応を利用して上記一対の電極間から電気エネルギーを取り出すように構成した装置である。上記電解質としては、酸性溶液、熔融炭酸塩、アルカリ溶液などが挙げられ、現在はリン酸を用いたリン酸型燃料電池が最も実用化に近いといわれている。

【0003】 図 8 は、この種の燃料電池のうち電解質としてリン酸を使用したリン酸型燃料電池の構成を示す分解斜視図である。図 8 に示すように、燃料電池本体に

は、発電のための単電池1が、ガス分離板3を介して複数個積層されてなる単電池積層体2が設けられている。

【0004】単電池1は、多孔質性材料を使用した一対のアノード電極1aとカソード電極1bが、リン酸を含浸したマトリックス層1cを挟んで構成されている。この一対の電極1a、1bには、それぞれマトリックス層1cと対向する面に、白金などによる触媒が塗布されている。そして、アノード電極1aの背面には水素などの燃料ガスが流通する燃料流通溝が形成される一方、カソード電極1bの背面には、酸素など酸化剤ガスが流通する酸化剤流通溝が形成されている。

【0005】このような単電池1は、運転時には余剰熱を除去・冷却して、例えば200℃程度の一定温度に維持する必要がある。このため、単電池積層体2は、複数個の単電池1を積層し、各単電池1間にガス分離板3をそれぞれ挿入して、一つのサブスタックを形成し、このサブスタックと熱を排出するための冷却板4とを交互に複数個積層して構成される。

【0006】なお、ガス分離板3は、アノード電極1aとカソード電極1bにそれぞれ供給される反応ガスを区分するとともに、単電池1間の電氣的接触を確保するように構成されている。また、冷却板4は、内部に水などの冷媒を流すことにより、単電池積層体2の温度調節を行うように構成されている。

【0007】このような単電池積層体2の側面には、単電池積層体2に燃料ガスと酸化剤ガスをそれぞれ供給・排出するガスマニホール5が配置されている。そして、単電池積層体2には、単電池積層体2で発生した電流を取り出すために、その上下の端部に集電板6が配置されている。

【0008】以上のような構成を有するリン酸型燃料電池では、各単電池1において、アノード電極1aに供給された水素がアノード電極1aに塗布された触媒の作用により、次のような反応（解離反応）が起こす。

【0009】

【数1】 $H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$

【0010】この水素の解離反応により発生した水素イオン（ H^+ ）は、マトリックス層1cに蓄えられたリン酸中を移動し、カソード電極1bに達する。一方、電子（ e^- ）はアノード電極1aから外部回路を流れ、電力負荷（例えば電球、モータ、ヒータなど）を通して仕事をし、カソード電極1bに達する。そして、アノード電極1aから移動してきた水素イオン（ H^+ ）と、カソード電極1bに供給された酸素（ O_2 ）と、外部回路で仕事をしてきた電子（ e^- ）とにより、カソード電極1bに塗布された触媒の作用によって、次のような反応が起こる。

【0011】

【数2】 $4H^+ + O_2 + 4e^- \rightarrow 2H_2O$

【0012】したがって、単電池1では、水素が酸化さ

れて水（ H_2O ）が生成されるとともに、このときの化学エネルギーが、外部の電気負荷に与える電気エネルギーとなる。このようにして、単電池1の電池としての全反応が完結する。なお、上記の単電池1における反応は発熱反応となるが、ここで発生した熱は、単電池積層体2内部に挿入されている冷却板4により冷却される。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】ところで、燃料電池が発電を行うためには、各電極1a、1bにそれぞれの反応ガスが、十分に供給されている必要がある。しかし、要求される電気エネルギーに対し、反応ガスのいずれか一方でも不足した場合には、次のような問題が発生する。

【0014】すなわち、例えばカソード電極1bにおいて、供給される酸化剤ガス流量が不足した場合は、酸化剤ガスが単電池積層体2全体に行き渡らず、反応は酸化剤ガスの供給される付近（酸化剤ガス入口）に集中して、この部分の発熱量が正常な状態に比べ増加することになる。一方、酸化剤ガスが排出される付近（酸化剤ガス出口）では、酸化剤ガスの供給が不十分となって反応は余り起こらず、正常な状態に比べ発熱量が低下することになる。

【0015】このように酸化剤ガス入口付近での温度上昇によりカソード電極1bが高温になると、電池に蓄えられているリン酸電解質の蒸発や、触媒などの劣化が急速に進行して、電池の寿命を短縮する原因となる。これでは、燃料電池の安定した長期間運転の障害となる。

【0016】このような現象は、アノード電極1aで燃料ガスが不足した場合にも同様に起こる。しかも、燃料ガスの不足が著しい場合、燃料ガス出口付近では、カソード電極1bに水素イオンが供給されないため、水の生成が起こらない。そして、水の生成の代わりに、電極および冷却板の材料である炭素を腐食する次のような反応が起こる。

【0017】

【数3】 $C + 2H_2O \rightarrow CO_2 + 2H_2$

【0018】この反応が進行すると、燃料電池の主な構成材料に欠損が生じて、燃料電池の運転が不可能になる。

【0019】ここで、燃料ガスや酸化剤ガスの供給流量が不足した場合には、電気エネルギー量が低下することになる。したがって、従来の燃料電池では、上記のような異常の発生を防止するために、単電池積層体2の電圧を検知し、その電圧がある一定値以下になった時に、燃料電池に異常が発生したと判断する異常検知方法が知られている。

【0020】しかしながら、このような単電池積層体の電圧による異常検知方法では、燃料ガスまたは酸化剤ガスのいずれかの反応ガスの不足により電圧が低下したか

を特定することはできない。しかも、異常を特定するために燃料電池の運転を一旦停止すると、発電信頼性が大幅に低下することになる。

【0021】したがって、異常が発生した場合には、燃料電池の運転を継続しながら、正常な状態とすることが望ましい。これには、燃料電池に燃料ガスと酸化剤ガスの両方を供給して、両方の反応ガス量を増加させることが考えられる。しかし、この場合、異常発生時に正常な供給流量であった方の反応ガスは、過剰に供給されることになる。

【0022】また、このような平面方向における電流の集中、温度上昇は、非発電状態から空気をカソード電極1bに導入し、スタック電圧の上昇に伴って発電を開始する過渡的な状態（以下、負荷移行過程という）においても起こる可能性があると考えられる。

【0023】すなわち、非発電時には、アノード電極1aおよびカソード電極1bは不活性ガス、通常 N_2 ガスで満たされている。そのような状態から、カソード電極1bに空気を導入すると、酸化剤ガス入口付近では流入した空気によって電圧が発生する。この電圧はスタック電圧として検知される。

【0024】しかし、流入した空気の流量によっては、酸化剤ガス出口付近まで十分に空気で置換される以前に、スタック電圧が高電圧に達し、発電を開始、すなわち負荷電流が流れることになる。この結果、負荷電流は空気が十分供給された部分で発生することになる。つまり酸化剤ガス入口部分に電流が集中してしまうことが考えられる。この電流集中によって、アノード電極1aの水素不足状態が発生したり、温度上昇が起こると、前述したように燃料電池の寿命を短縮することになる。

【0025】また、過渡的な状態における電流集中は、次のような停止操作においても同様に起こることが考えられる。すなわち、停止操作指令を受けたシステムは、反応ガスを電池外へ除去するために、不活性ガス、通常 N_2 ガスを供給する。この場合、カソード電極1bの平面方向の酸素濃度は酸化剤ガス入口側から徐々に低下する。一方、スタック電圧は空気があれば発生する。したがって、停止操作においては、 N_2 ガスにより押し出される残留空気が存在する部分で反応が起こる。特に、 N_2 ガスと残留空気との境界面が酸化剤ガス出口側に近づくにつれてその集中度（電流密度）が上昇すると考えられる。

【0026】本発明は上述した事情を考慮してなされたもので、燃料電池積層体の損害を最少限に抑制し、燃料電池積層体の長寿命化を図ることが可能な燃料電池発電装置およびその運転方法を提供することを目的とする。

【0027】

【課題を解決するための手段】上述した課題を解決するために、本発明の請求項1は、一対の電極間に電解質層を挟んで単電池を形成し、この単電池を複数積層し、各

単電池間にガス分離板をそれぞれ挿入してサブスタックを形成し、このサブスタックと冷却板とを交互に複数積層して単電池積層体を形成してなる燃料電池発電装置において、前記単電池積層体の少なくとも1個の単電池に、その単電池の平面方向の電流分布を検出する直流電流検出手段が少なくとも1個配設され、この電流検出手段に反応ガスの供給流量および負荷電流を制御する制御手段が接続され、この制御手段では、前記直流電流検出手段で検出した電流分布と、予め設定した基準電流の許容範囲とを比較し、許容範囲を越えた場合に、前記単電池積層体に供給する反応ガスの供給流量および負荷電流の少なくとも一方を制御するように構成されていることを特徴とする。

【0028】請求項2は、請求項1記載の燃料電池発電装置において、単電池の平面方向の電流分布を検出する直流電流検出手段が少なくとも1個配設された電流測定器を有し、この電流測定器がサブスタックと冷却板との間の少なくとも1か所に配設されたことを特徴とする。

【0029】請求項3は、請求項1記載の燃料電池発電装置において、制御手段は、電流検出手段で検出した電流分布と、予め設定した基準電流の許容範囲とを比較し、許容範囲を越えた場合に、燃料電池を停止させるように構成されていることを特徴とする。

【0030】請求項4は、単電池積層体の単電池に反応ガスを供給して負荷電流を発生させる燃料電池発電装置の運転方法において、発電を開始する過渡的な負荷変化過程で、前記単電池の電流を電流検出手段により検出し、この検出した電流が予め設定した基準電流の許容値と比較して、許容値を越えた場合、負荷電流変化速度を低下または負荷変化を一時停止することを特徴とする。

【0031】請求項5は、単電池積層体の単電池に反応ガスを供給して負荷電流を発生させる燃料電池発電装置の運転方法において、発電を開始する過渡的な負荷変化過程で、前記単電池の電流を電流検出手段により検出し、この検出した電流が予め設定した基準電流の許容値と比較して、許容値を越えた場合、負荷電流増加速度を低下または負荷電流増加を一時停止することを特徴とする。

【0032】請求項6は、一対の電極間に電解質層を挟んで単電池を形成し、この単電池を複数積層し、各単電池間にガス分離板をそれぞれ挿入してサブスタックを形成し、このサブスタックと冷却板とを交互に複数積層して単電池積層体を形成してなる燃料電池発電装置において、前記単電池積層体の少なくとも1個の単電池に、その単電池の平面方向の電流分布を検出する直流電流検出手段が少なくとも1個配設され、この電流検出手段に反応ガスの供給流量および負荷電流を制御する制御手段が接続され、前記単電池積層体に、並列に2つ以上の固定抵抗を配し、且つこれらの固定抵抗にそれぞれ遮断器を接続してなる固定抵抗回路が接続され、前記制御手段で

は、停止操作において、前記直流電流検出手段で検出した電流分布と、予め設定した基準電流の許容範囲とを比較し、許容範囲を越えた場合に、前記固定抵抗回路の遮断器の少なくとも一つを開放することにより、検出した電流を許容範囲に抑制するように構成されていることを特徴とする。

【0033】請求項7は、一対の電極間に電解質層を挟んで単電池を形成し、この単電池を複数積層し、各単電池間にガス分離板をそれぞれ挿入してサブスタックを形成し、このサブスタックと冷却板とを交互に複数積層して単電池積層体を形成してなる燃料電池発電装置において、前記単電池積層体の少なくとも1個の単電池に、その単電池の平面方向の電流分布を検出する直流電流検出手段が少なくとも1個配設され、この電流検出手段に反応ガスの供給流量および負荷電流を制御する制御手段が接続され、前記単電池積層体に可変抵抗回路が接続され、前記制御手段では、停止操作において、前記直流電流検出手段で検出した電流分布と、予め設定した基準電流の許容範囲とを比較し、許容範囲を越えた場合に、前記可変抵抗回路の抵抗を変化させて、検出した電流を許容範囲に抑制するように構成されていることを特徴とする。

【0034】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。

【0035】図1は本発明に係る燃料電池発電装置の第1実施形態を適用したリターンフロー形のリン酸型燃料電池を示すブロック図である。なお、図8に示す従来技術と同一または対応する部分には同一符号を付してその説明を省略する。

【0036】図1に示すように、単電池積層体2には、第1ガスマニホールド5aを介して燃料ガス供給路8および燃料ガス排出路9が接続される一方、第2ガスマニホールド5bを介して酸化剤ガス供給路10および酸化剤ガス排出路11が接続されている。各供給路8、10には、それぞれの反応ガスである燃料ガス、酸化剤ガスの流量を調節する燃料ガス流量調節弁12、酸化剤ガス流量調節弁13が設置されている。

【0037】また、各供給路8、10には、それぞれ燃料ガス切替弁14、酸化剤ガス切替弁15を介して不活性ガス供給管16が接続されている。燃料ガス切替弁14、酸化剤ガス切替弁15は、燃料電池の工場からの出荷時や現地据付後の運転停止時などの保管時に、燃料電池内部の反応ガスを窒素ガスなどの不活性ガスに置換する。またはこの逆に、燃料電池の稼働時に燃料電池内の不活性ガスを反応ガスに置換するための切替手段として設けられている。そして、単電池積層体2には、各サブスタック間に挿入された冷却板に冷媒を流通するための冷媒流通路17および冷媒排出路18が接続されている。ここで、冷媒流通路17には冷媒ろ過調節弁17a

が設けられている。

【0038】このような燃料電池では、単電池積層体2を挟んで第1、第2ガスマニホールド5a、5bのそれぞれの反対側の側面には、それぞれにリターンマニホールド7a、7bが設けられている。また、各単電池のアノード電極1aとカソード電極1bの反応ガス流通溝には、それぞれの少なくとも1つの溝がガス不拡散性の物質で埋設されてなるレーシングストライプ1d、1eが設けられている。これらのレーシングストライプ1d、1eにより、反応ガスは単電池内の供給路を通過した後、それぞれのリターンマニホールド7a、7bを介して、再びレーシングストライプ1d、1eで区切られた排出路の単電池内に供給されるように構成されている。

【0039】このような燃料電池発電装置では、単電池積層体2の中央部のサブスタックの中央寄りの単電池1に、それぞれ第1～第3の電流検出手段19a～19cが設けられている。第1の電流検出手段19aは、燃料ガス復路側のリターンマニホールド7a近傍となる単電池内で、且つ酸化剤ガス往路側の排出路11近傍に設けられている。

【0040】また、第2の電流検出手段19bは、燃料ガス往路側の供給路8側とカソード電極に設けられたレーシングストライプ1eとの間でアノード電極に設けられたレーシングストライプ1d近傍となる単電池内の位置に設けられている。

【0041】さらに、第3の電流検出手段19cは、燃料ガス復路側の排出路9近傍となる単電池内で、且つ酸化剤ガス往路側の供給路10近傍となる部分に設けられている。燃料電池の負荷電流（直流電流）20はインバータ21により交流出力に変換されて外部負荷へ供給される。このインバータ21は出力制御装置22により制御される。

【0042】上述の流量調節弁12、13、切替弁14、15、第1～第3の電流検出手段19a～19c、負荷電流20の監視手段（図示せず）、および出力制御装置22は、それぞれ制御手段23に接続されている。また、インバータ21は出力制御装置22を介して制御手段23に接続されている。この制御手段23には、正常な運転が行われている場合に、第1～第3の電流検出手段19a～19cのそれぞれで検出されるべき電流（基準電流）値とその許容値が予め設定され、入力されている。

【0043】そして、この制御手段23は、第1～第3の電流検出手段19a～19cにより検出された電流が入力されると、この電流値と前記基準電流値および許容範囲とを比較して、その結果により流量調節弁12、13や切替弁14、15の状態を変化させたり、負荷電流20を制御するなどの制御信号を出力するように構成されている。

【0044】これは、第1～第3の電流検出手段19a

～19cで検出された電流分布が制御手段23に予め入力されている基準電流の許容範囲内であるときは、制御手段23から流量調節弁12、13および切替弁14、15に、その時点での状態を維持するような制御信号を出力するように構成されている。

【0045】一方、電流検出手段19a～19cで検出された電流の一つでも許容値を越えた場合、制御手段23は、流量調節弁12、13、切替弁14、15のうち少なくとも一つ以上の状態を変化させるような制御信号を出力するように構成されている。

【0046】ところで、第1～第3の電流検出手段19a～19cで検出される電流分布は、その燃料電池特有のものであり、燃料ガスの流量が変化した場合には図2に記すように変化し、酸化剤ガスの流量が変化した場合には図3に示すように変化することが予め実測または計算により確認されている。そして、この情報が制御手段23に入力されている。さらに、電流分布は負荷電流が変化した場合にも、図4に示すように変化するため、この情報についても制御手段23に入力されている。

【0047】そして、以上の情報に基づいて制御手段23では、第1～第3の電流検出手段19a～19cで検出される電流分布から燃料ガス、酸化剤ガス、または負荷電流の不足・過剰を判断して、制御信号を出力するように構成されている。

【0048】次に、第1実施形態の作用について説明する。

【0049】以上のように構成される燃料電池発電装置では、各電流検出手段19a～19cで検出される電流値の一つでも制御手段23に入力されている許容範囲よりも低電流または高電流に変化した場合には、酸化剤ガス、燃料ガス、または負荷電流が正常な状態となるように、制御手段23から流量調節弁12、13、切替弁14、15のうち少なくとも一つ以上の状態を変化させるように、制御信号が送出される。

【0050】ここで、電流検出手段19a～19cで検出される電流分布は、下記の6通りが考えられ、それぞれ燃料ガス、酸化剤ガス、負荷電流について制御手段23により不足・過剰が検出されて、制御信号が送出される。

【0051】(1)第2の電流検出手段19bの電流値が基準電流の許容範囲よりも大きく、他の第1および第3の検出手段の電流値が許容範囲より小さい場合、図2に示すように、燃料ガスが正常時の供給流量に比べて不足した状態と判断できる。これに従い、制御手段23では、燃料ガス供給路8の燃料ガス流量調節弁12に、その開度が大きくなるように動作させる信号を出力して、燃料ガスの供給流量を増加させる。

【0052】(2)第1および第3の電流検出手段19a、19cの電流値が基準電流の許容範囲にあり、第2の電流検出手段19bの電流値が許容範囲よりも小さい

場合、図2に示すように燃料ガスが正常時の供給流量に比べて過剰となっていると判断できる。これに従い、制御手段23では、燃料ガス供給路8の燃料ガス流量調節弁12に、その開度が小さくなるように動作させる信号を出力して、燃料ガスの供給流量を減少させる。

【0053】(3)第2の電流検出手段19bの電流値が基準電流の許容範囲より大きく、第1の電流検出手段19aの電流値が基準電流の許容範囲より小さく、第3の電流検出手段19cの電流値が基準電流の許容範囲内である場合、図3に示すように、酸化剤ガスが正常時の供給流量に比べて不足した状態と判断できる。これに従い、制御手段23では、酸化剤ガス供給路10の酸化剤ガス流量調節弁13に、その開度が大きくなるように動作させる信号を出力して、酸化剤ガスの供給流量を増加させる。

【0054】(4)第1の電流検出手段19aの電流値が基準電流の許容範囲より大きく、第2の電流検出手段19bの電流値が基準電流の許容範囲より小さく、第3の電流検出手段19cの電流値が基準電流の許容範囲内である場合、図3に示すように、酸化剤ガスが正常時の供給流量に比べて過剰な状態と判断できる。これに従い、制御手段23では、酸化剤ガス供給路10の酸化剤ガス流量調節弁13に、その開度が小さくなるように動作させる信号を出力して、酸化剤ガスの供給流量を減少させる。

【0055】(5)第2、第3の電流検出手段19b、19cの電流値が基準電流の許容範囲より小さく、第1の電流検出手段19aの電流値が基準電流の許容範囲内である場合、図4に示すように、負荷電流が正常時に比べて減少している状態と判断できる。これは需要側から要求される電力が過少の場合である。この状態では、単電池積層体2に燃料ガス、酸化剤ガスが必要以上に供給されていることになり、制御手段23では、流量調節弁12、13のそれぞれの開度を小さくするように動作させる制御信号を出力して、燃料ガス、酸化剤ガスの供給流量を減少させて、発電量を低減させる。

【0056】(6)第2、第3の電流検出手段19b、19cの電流値が基準電流の許容範囲より大きく、第1の電流検出手段19aの電流値が基準電流の許容範囲内である場合、図4に示すように、負荷電流が正常時に比べて増加している状態と判断できる。これは需要側から要求される電力が過大の場合である。この状態では、単電池積層体2に燃料ガス、酸化剤ガスが不足していることになり電池に与える悪影響が大きい。制御手段23では、流量調節弁12、13のそれぞれの開度を大きくするように動作させる制御信号を出力して、燃料ガス、酸化剤ガスの供給流量を増加させて、発電量を増大させる。

【0057】したがって、第1実施形態の燃料電池発電装置においては、第1～第3の電流検出手段19a～1

9 cで検出した電流分布を、制御手段23に予め設定された基準電流の許容範囲と比較することにより、燃料ガス、酸化剤ガスのいずれが不足しているか、あるいは負荷電流が過大であるか、あるいはそれ以外の異常が生じているのかを判断することができる。

【0058】そして、制御手段23では、その結果に基づいて燃料ガス、酸化剤ガスのうち少なくとも一つ以上を供給流量を制御したり、または負荷電流20を制御することにより、燃料電池の劣化を防止し、燃料電池の性能を長期間に亘って維持し得るような、優れた燃料電池発電装置とすることができる。

【0059】このように第1実施形態の燃料電池発電装置によれば、同一単電池内に第1～第3の電流検出手段19a～19cが設けられていることにより、単電池内の3か所の電流分布が検出され、これらの電流分布を制御手段23により基準電流の許容範囲とを比較することにより、燃料ガス、酸化剤ガス、負荷電流の不足・過剰を判断することができる。

【0060】また、燃料ガス、酸化剤ガスまたは負荷電流を制御することにより、反応ガスの欠乏、電流集中による温度上昇を防ぎ、燃料電池の劣化を防ぐことが可能となる。したがって、安定して長期間運転可能な燃料電池発電装置とすることができる。

【0061】なお、第1実施形態における複数の電流検出手段19a～19cは、必ずしも同一単電池内に設置する必要はなく、複数の単電池に分けて、電流値を検知するようにしても効果は同様である。また、その数も必ずしも複数ではなく少なくとも1個あればよい。

【0062】なお、図1に示す第1実施形態において、第1～第3の電流検出手段19a～19cの入力信号に対して6通りの判断根拠(1)～(6)に該当しない状態となった場合には、予想される以外の異常が生じていると考えられる。この状態で運転を継続することは単電池積層体2、またはこれに接続されている発電機器に悪影響を及ぼす可能性があり、燃料電池を停止する必要がある。

【0063】そこで、制御手段23から切替弁14、15を動作させる信号を出力し、負荷回路を遮断するとともに、燃料ガス、酸化剤ガスの供給を停止し、単電池積層体2に不活性ガスを導入して発電を停止させる。

【0064】すなわち、制御手段23は、第1～第3の電流検出手段19a～19cで検出した電流分布と、予め設定した基準電流の許容範囲とを比較し、許容範囲を越えた場合に、燃料電池を停止させる。

【0065】このように、本実施形態の燃料電池発電装置によれば、同一単電池内に第1～第3の電流検出手段19a～19cが設けられていることにより、単電池内の3か所の電流分布が検出され、制御手段23によりその電流分布と基準電流の許容範囲とを比較することにより、予想される以外の異常を判断できる。そして、単電

池積層体2およびこれに接続された発電機器への影響を抑制するために燃料電池を停止することにより、燃料電池の劣化を防ぐことが可能となる。したがって、安定して長期間運転可能な燃料電池発電装置とすることができる。

【0066】次に、本発明に係る燃料電池発電装置の運転方法の一実施形態について説明する。

【0067】従来の技術で述べたように負荷移行過程では、カソード電極が窒素ガスで満たされている状態から、酸化剤ガス供給側から酸化剤ガス排出側へ徐々に酸素濃度が上昇する。このため、図1に示す第1～第3の電流検出手段19a～19cで検出される電流は、電流検出手段19c、19b、19aの順に電流が流れ始めることになる。特に、酸化剤ガスが排出側まで十分に供給されることなく負荷電流を取り始めると、酸化剤ガス供給側に電流が集中し、一時的に温度が上昇することが考えられる。これに従い、制御手段23では、インバータ21に負荷電流20の増加速度を低下または負荷電流20の増加を一時停止させる制御信号を出力して、電流集中を抑制する。

【0068】すなわち、負荷移行過程において、制御手段23は、第1～第3の電流検出手段19a～19cで検出した電流が予め設定した基準電流の許容値と比較して、許容値を越えた場合、負荷電流増加速度を低下または負荷電流増加を一時停止するようにしている。

【0069】このように本実施例の燃料電池発電装置によれば、単電池内に第1～第3の電流検出手段19a～19cが設けられていることにより、単電池内の3か所の電流分布が検出され、制御手段23によりその電流と基準電流の許容範囲とを比較することにより、電流の異常な集中を検出できる。そして、負荷電流20の増加速度を制御することにより、電流の異常な集中を防ぎ、燃料電池の劣化を防ぐことが可能となる。したがって、安定して長期間運転可能な燃料電池発電装置とすることができる。

【0070】なお、上記実施形態の運転方法において、制御手段23では、負荷変化過程において、第1～第3の電流検出手段19a～19cで検出した電流が予め設定した基準電流の許容値と比較して、許容値を越えた場合、負荷電流変化速度を低下または負荷変化を一時停止するようにしてもよい。これにより、上記実施形態の運転方法と同様の効果が得られる。

【0071】図5は本発明に係る燃料電池発電装置の第2実施形態を適用したリン酸型燃料電池の単電池積層体の構造を示す分解斜視図である。なお、図8に示す従来技術と同一または対応する部分には同一の符号を付してその説明を省略する。

【0072】図5に示すように、単電池積層体2aのほぼ中央部のサブスタックとそれに接する冷却板4との間には、電流測定器24が挿入するように配置され、この

電流測定器 24 は、その内部に第 1～第 3 の電流検出手段 19 a～19 c を組み込んだ構造となっている。

【0073】このような単電池積層体 2 a を図 1 に示す第 1 実施形態の構成に適用することにより、第 1 実施形態と同等な作用および効果を得ることができる。したがって、その詳細は前述した通りであるのでその説明を省略する。

【0074】なお、第 2 実施形態において、電流測定器 24 はサブスタックと冷却板 4 との間の少なくとも 1 か所に配設されるようにすればよく、またその内部に組み込む電流検出手段も少なくとも 1 個配設すればよい。

【0075】図 6 は本発明に係る燃料電池発電装置の第 3 実施形態を適用したリターンフロー形のリン酸型燃料電池の構成を示すブロック図である。なお、図 1 に示す部分と同一部分については同一符号を付してその説明を省略する。以下の実施形態でも同様とする。

【0076】図 6 に示すように、単電池積層体 2 には固定抵抗回路 25 が接続され、この固定抵抗回路 25 は固定抵抗 26 a、26 b～26 n が並列に接続され、これらの固定抵抗 26 a、26 b～26 n にそれぞれ遮断器 27 a、27 b～27 n が接続されている。

【0077】制御手段 23 では、停止操作において、第 1～第 3 の電流検出手段 19 a～19 c で検出した電流分布と、予め設定した基準電流の許容範囲とを比較し、許容範囲を越えた場合に、固定抵抗回路 25 の遮断器 27 a、27 b～27 n の少なくとも一つ開放することにより、検出した電流を許容範囲に抑制するようにしている。

【0078】ところで、従来の技術で述べたように停止操作では、カソード電極に酸化剤ガスとして空気が供給されている状態から、窒素ガスにより酸化剤ガス供給側から酸化剤ガス排出側へ残留空気が押し出され、電極表面の酸素濃度が低下する。

【0079】このため、図 6 に示す第 1～第 3 の電流検出手段 19 a～19 c で検出される電流は、共に減少すると同時に、電流検出手段 19 c、19 b、19 a の順に電流がほとんど流れなくなると考えられる。

【0080】一方、電圧はある程度の面積の領域に空気が存在すれば発生するので、平面内に部分的に電流が流れない部分があるような状態においてもスタック電圧は発生する。このスタック電圧と固定抵抗 26 a、26 b～26 n の抵抗値で決まる電流が電池に流れる。その結果、電流集中が生じる可能性があり、これを第 1～第 3 の電流検出手段 19 a～19 c により検出することができる。これに従い、制御手段 23 では、固定抵抗回路 25 に接続された遮断器 27 a、27 b～27 n の少なくとも一つ以上を開放する制御信号を出力して、電流を減少させる。

【0081】このように第 3 実施形態の燃料電池発電装置によれば、単電池内に第 1～第 3 の電流検出手段

19 a～19 c が設けられていることにより、停止操作において単電池内の 3 か所の電流が検出され、制御手段 23 によりその電流と基準電流の許容範囲とを比較することにより、電流の異常な集中を検出できる。そして、固定抵抗回路 25 の遮断器 27 a、27 b～27 n の少なくとも一つ以上を開放して電池に流れる電流を減少させることにより、電流の異常な集中を防ぎ、燃料電池の劣化を防ぐことが可能となる。したがって、安定して長期間運転可能な燃料電池発電装置とすることができる。

【0082】図 7 は本発明に係る燃料電池発電装置の第 4 実施形態を適用したリターンフロー形のリン酸型燃料電池の構成を示すブロック図である。

【0083】図 7 に示すように、単電池積層体 2 には可変抵抗器 28 が接続されている。制御手段 23 では、停止操作において、第 1～第 3 の電流検出手段 19 a～19 c で検出した電流分布と、予め設定した基準電流の許容範囲とを比較し、許容範囲を越えた場合に、可変抵抗回路 28 の抵抗値を変化させて、検出した電流を許容範囲に抑制するようにしている。

【0084】ところで、従来の技術で述べたように停止操作では、カソード電極に酸化剤ガスとして空気が供給されている状態から、窒素ガスにより酸化剤ガス供給側から酸化剤ガス排出側へ残留空気が押し出され、電極表面の酸素濃度が低下する。このため、図 7 に示した第 1～第 3 の電流検出手段 19 a～19 c で検出される電流は共に減少すると同時に、電流検出手段 19 c、19 b、19 a の順に電流がほとんど流れなくなると考えられる。

【0085】一方、電圧はある程度の面積の領域に空気が存在すれば発生するので、平面内に部分的に電流が流れない部分があるような状態においてもスタック電圧は発生する。このスタック電圧と可変抵抗の抵抗値で決まる電流が電池に流れる。その結果、電流集中が生じる可能性があり、これを第 1～第 3 の電流検出手段 19 a～19 c により検出できる。これに従い、制御手段 23 では、可変抵抗器 28 の抵抗を大きくする制御信号を出力して、電流を減少させる。

【0086】このように第 4 実施形態の燃料電池発電装置によれば、単電池内に第 1～第 3 の電流検出手段 19 a～19 c が設けられていることにより、停止操作において単電池内の 3 か所の電流が検出され、制御手段 23 によりその電流と基準電流の許容範囲とを比較することにより、電流の異常な集中を検出できる。そして、可変抵抗器 28 の抵抗値を大きくして電池に流れる電流を減少させることにより、電流の異常な集中を防ぎ、燃料電池の劣化を防ぐことが可能となる。したがって、安定して長期間運転可能な燃料電池発電装置とすることができる。

【0087】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の請求項 1

10

20

30

40

50

によれば、単電池積層体の少なくとも1個の単電池に、その単電池の平面方向の電流分布を検出する直流電流検出手段が少なくとも1個配設され、この電流検出手段に反応ガスの供給流量および負荷電流を制御する制御手段が接続され、この制御手段では、直流電流検出手段で検出した電流分布と、予め設定した基準電流の許容範囲とを比較し、許容範囲を越えた場合に、単電池積層体に供給する反応ガスの供給流量および負荷電流の少なくとも一方を制御するように構成し、単電池の平面方向の電流分布を検出する手段を少なくとも一つ以上配設することにより、予め設定した電流の許容範囲と比較することにより、燃料ガス、酸化剤ガス、負荷電流の不足・過剰を判断できる。これにより反応ガス流量の制御、負荷電流の制御を行うことにより、電池の劣化を防ぐことができ、長期間運転できる燃料電池を提供することができる。

【0088】請求項2によれば、請求項1記載の燃料電池発電装置において、単電池の平面方向の電流分布を検出する直流電流検出手段が少なくとも1個配設された電流測定器を有し、この電流測定器がサブスタックと冷却板との間の少なくとも1か所に配設されたことにより、請求項1と同様の効果が得られる。

【0089】請求項3によれば、請求項1記載の燃料電池発電装置において、制御手段は、電流検出手段で検出した電流分布と、予め設定した基準電流の許容範囲とを比較し、許容範囲を越えた場合に、燃料電池を停止させるように構成されていることにより、請求項1と同様の効果が得られる。

【0090】したがって、請求項1、請求項2および請求項3の燃料電池発電装置においては、1個または複数個の電流検出手段で検出した電流分布を、制御手段に予め設定された基準電流の許容範囲と比較することにより、燃料ガス、酸化剤ガスのいずれが不足しているか、あるいは負荷電流が過大であるか、あるいはそれ以外の異常が生じているのかを判断することができる。そして、制御手段では、その結果に基づいて燃料ガス、酸化剤ガスのうち少なくとも一つ以上を制御する、または電池を保護停止することにより、電池の劣化を防止し、燃料電池の性能を長期間に亘って維持し得るような、優れた燃料電池発電装置とすることができる。

【0091】請求項4によれば、単電池積層体の単電池に反応ガスを供給して負荷電流を発生させる燃料電池発電装置の運転方法において、発電を開始する過渡的な負荷変化過程で、単電池の電流を電流検出手段により検出し、この検出した電流が予め設定した基準電流の許容値と比較して、許容値を越えた場合、負荷電流変化速度を低下または負荷変化を一時停止することにより、電池平面における局所的な過度電流集中を防止することができる。その結果、電池の劣化を防止し、燃料電池の性能を長期間に亘って維持することができる。

【0092】請求項5によれば、単電池積層体の単電池に反応ガスを供給して負荷電流を発生させる燃料電池発電装置の運転方法において、発電を開始する過渡的な負荷変化過程で、単電池の電流を電流検出手段により検出し、この検出した電流が予め設定した基準電流の許容値と比較して、許容値を越えた場合、負荷電流増加速度を低下または負荷電流増加を一時停止することにより、請求項4と同様の効果が得られる。

【0093】請求項6によれば、単電池積層体の少なくとも1個の単電池に、その単電池の平面方向の電流分布を検出する直流電流検出手段が少なくとも1個配設され、この電流検出手段に反応ガスの供給流量および負荷電流を制御する制御手段が接続され、前記単電池積層体に、並列に2つ以上の固定抵抗を配し、且つこれらの固定抵抗にそれぞれ遮断器を接続してなる固定抵抗回路が接続され、前記制御手段では、停止操作において、直流電流検出手段で検出した電流分布と、予め設定した基準電流の許容範囲とを比較し、許容範囲を越えた場合に、固定抵抗回路の遮断器の少なくとも一つを開放することにより、検出した電流を許容範囲に抑制するように構成されていることにより、電流の異常な集中を防ぎ、燃料電池の劣化を防ぐことが可能となる。したがって、安定して長期間運転可能な燃料電池発電装置とすることができる。

【0094】請求項7によれば、単電池積層体の少なくとも1個の単電池に、その単電池の平面方向の電流分布を検出する直流電流検出手段が少なくとも1個配設され、この電流検出手段に反応ガスの供給流量および負荷電流を制御する制御手段が接続され、単電池積層体に可変抵抗回路が接続され、制御手段では、停止操作において、直流電流検出手段で検出した電流分布と、予め設定した基準電流の許容範囲とを比較し、許容範囲を越えた場合に、可変抵抗回路の抵抗を変化させて、検出した電流を許容範囲に抑制するように構成されていることにより、請求項6と同様の効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る燃料電池発電装置の第1実施形態を適用したリターンフロー形のリン酸型燃料電池の構成を示すブロック図。

【図2】燃料ガス流量と電池平面内の電流との関係を示す図。

【図3】酸化剤ガス流量と電池平面内の電流との関係を示す図。

【図4】負荷電流と電池平面内の電流との関係を示す図。

【図5】本発明に係る燃料電池発電装置の第2実施形態を適用したリン酸型燃料電池の単電池積層体の構造を示す分解斜視図。

【図6】本発明に係る燃料電池発電装置の第3実施形態を適用したリターンフロー形のリン酸型燃料電池の構成

17

18

を示すブロック図。

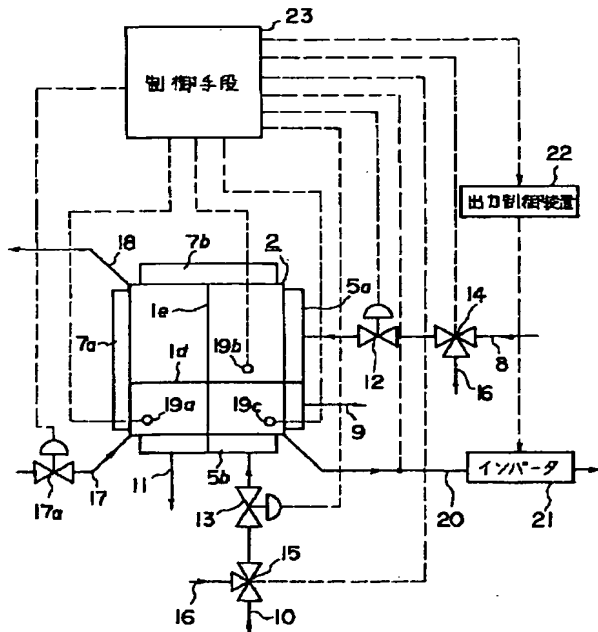
【図7】本発明に係る燃料電池発電装置の第4実施形態を適用したリターンフロー形のリン酸型燃料電池の構成を示すブロック図。

【図8】従来のリン酸型燃料電池の構成を示す斜視図。

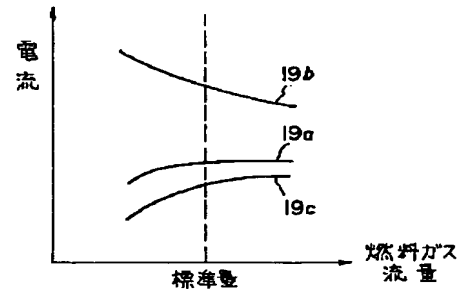
【符号の説明】

- | | | | |
|----|---------------|--------------|------------|
| 1 | 単電池 | 9 | 燃料ガス排出路 |
| 1a | アノード電極 | 10 | 酸化材ガス供給路 |
| 1b | カソード電極 | 11 | 酸化材ガス排出路 |
| 1c | マトリックス層（電解質層） | 12 | 燃料ガス流量調節弁 |
| 1d | レーシングストライプ | 13 | 酸化材ガス流量調節弁 |
| 1e | レーシングストライプ | 14 | 燃料ガス切替弁 |
| 2 | 単電池積層体 | 15 | 酸化材ガス切替弁 |
| 3 | ガス分離板 | 16 | 不活性ガス供給管 |
| 4 | 冷却板 | 17 | 冷媒流通路 |
| 5 | マニホールド | 18 | 冷媒排出路 |
| 5a | 第1マニホールド | 19a | 第1の電流検出手段 |
| 5b | 第2マニホールド | 19b | 第2の電流検出手段 |
| 6 | 集電板 | 19c | 第3の電流検出手段 |
| 7a | リターンマニホールド | 20 | 負荷電流 |
| 7b | リターンマニホールド | 21 | インバータ |
| 8 | 燃料ガス供給路 | 22 | 出力制御装置 |
| | | 23 | 制御手段 |
| | | 24 | 電流測定器 |
| | | 25 | 固定抵抗回路 |
| | | 26a, 26b~26n | 固定抵抗 |
| | | 27a, 27b~27n | 遮断器 |
| | | 28 | 可変抵抗器 |

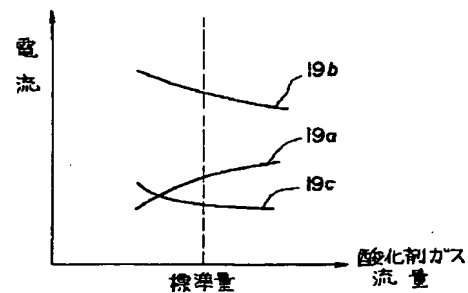
【図1】



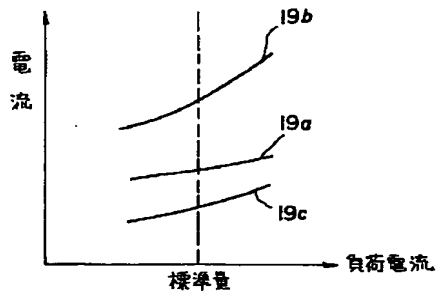
【図2】



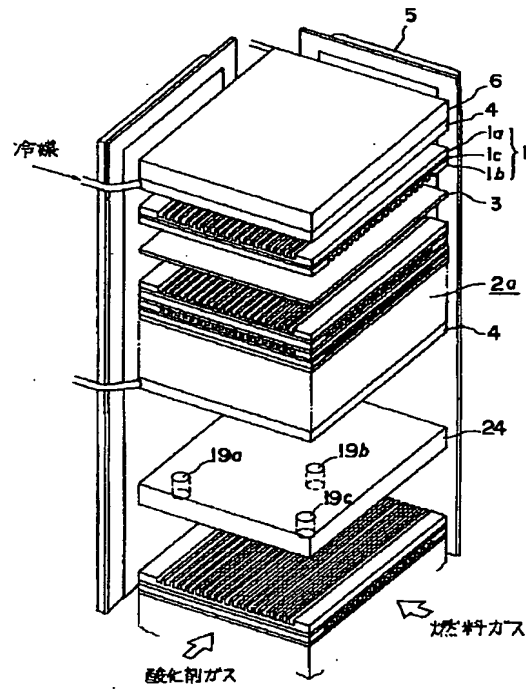
【図3】



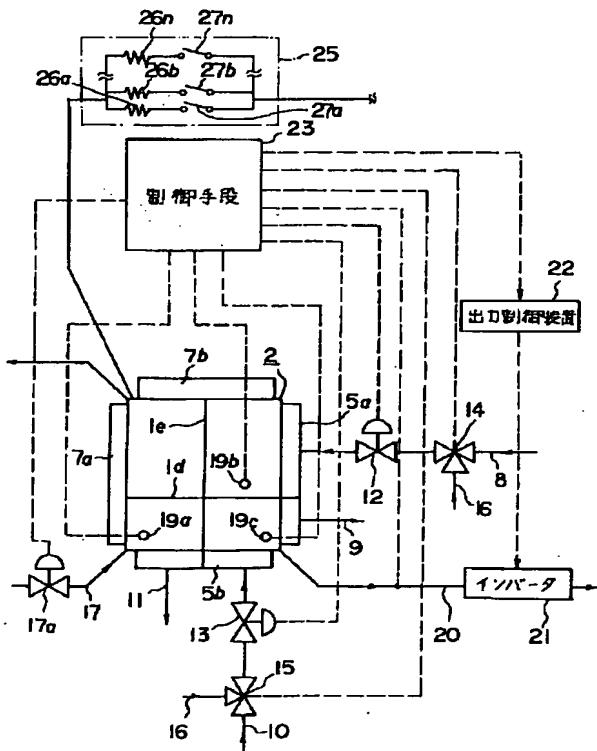
【図 4】



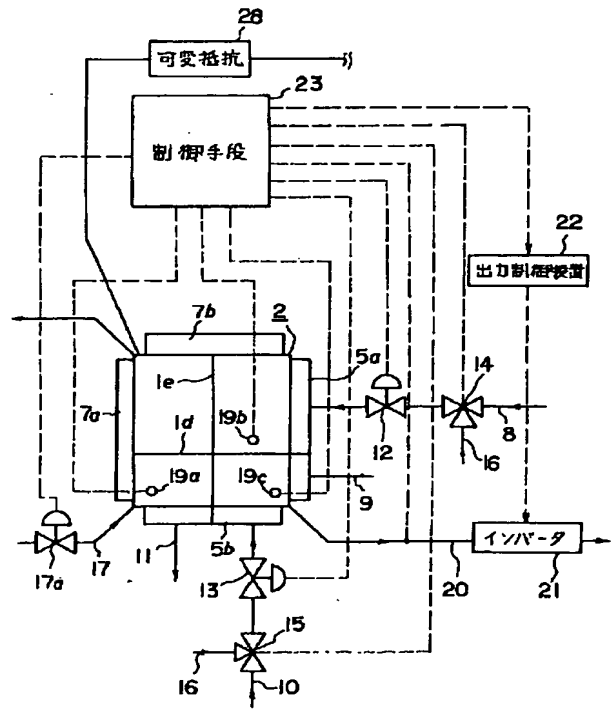
【図 5】



【図 6】



【図 7】



【図 8】

